

2008年12月2日

生態学 I 第7回

量的遺伝(2)

表現型の進化の遺伝的背景

分散と共分散：変異と相関を表わす量

$$\text{Var}(a) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{Ave}(a) - a_i)^2$$

aの分散 aの平均値

$$\text{Cov}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\text{Ave}(x) - x_i) (\text{Ave}(y) - y_i)$$

xとyの共分散 xの平均値 yの平均値

$$\text{相関係数} = \frac{\text{Cov}(x, y)}{\sqrt{\text{Var}(x)\text{Var}(y)}}$$

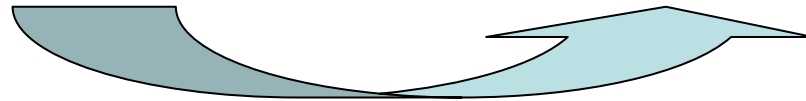
−1～1の間を変化
するよう標準化

分散の分割

$$\text{Var} (X+Y) = \text{Var} (X) + \text{Var} (Y) + 2\text{Cov} (X, Y)$$

X と Y に相関がなければ (X と Y が独立に変異していれば)

$$\text{Var} (X+Y) = \text{Var} (X) + \text{Var} (Y)$$



全分散を2つの分散成分に分割できる

表現型分散の分割

- 全分散 = 遺伝分散 + 環境分散
 - 遺伝率 = 遺伝分散 / 全分散
- 全分散 = QTL1による分散
 - + QTL2による分散
 - + QTL3による分散 ……
 - + その他のQTLによる分散

ミゾホウズキ属の姉妹種



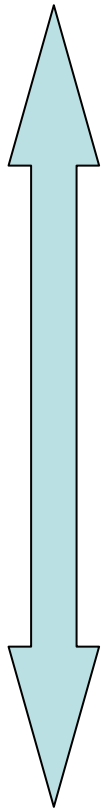
- *Mimulus lewsii*
 - ハナバチ媒花
 - アントシアンが少ない・花弁広い
 - 蜜量が少ない
 - おしべ・めしべは花弁より短い



- *Mimulus cardinalis*
 - ハチドリ媒花
 - アントシアンが多い・花弁細い
 - 蜜量が多い
 - おしべ・めしべが突出する

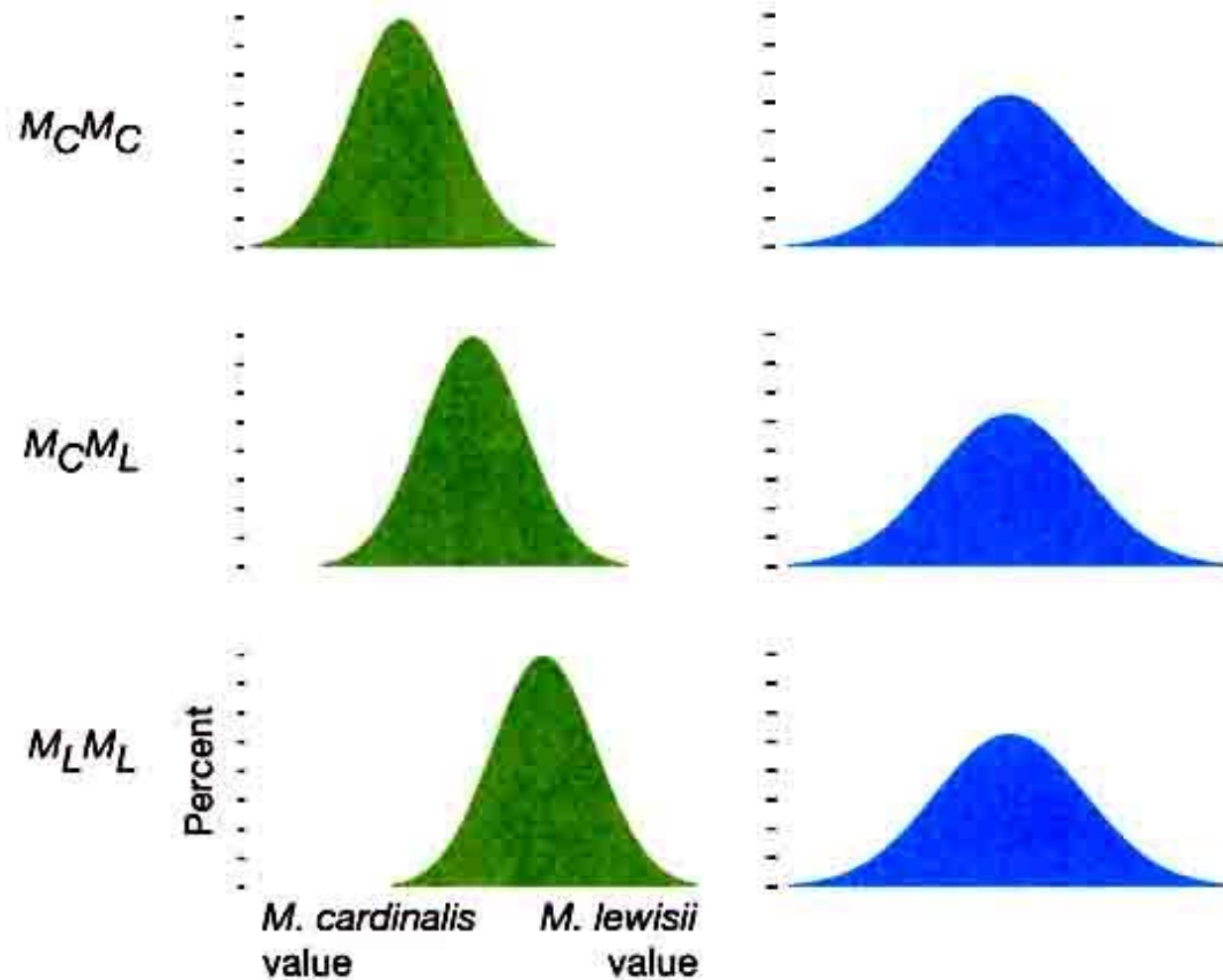
Mimulus lewsi x M. cardinalis

F2世代における形質の分離

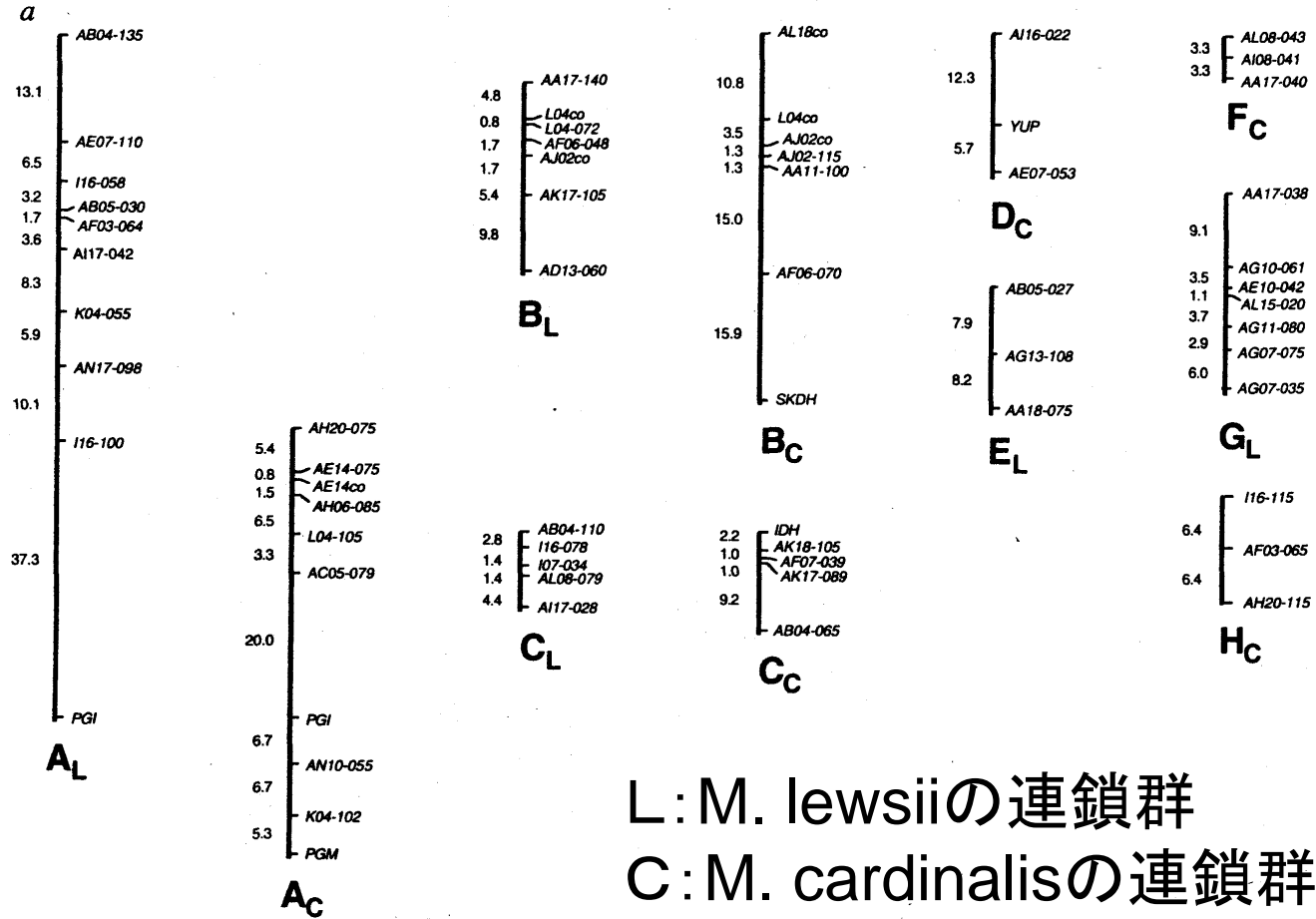


Schemske & Bradshaw
(1999) PNAS 96: 11910-
11915

マーカー遺伝子型と量的形質の関係



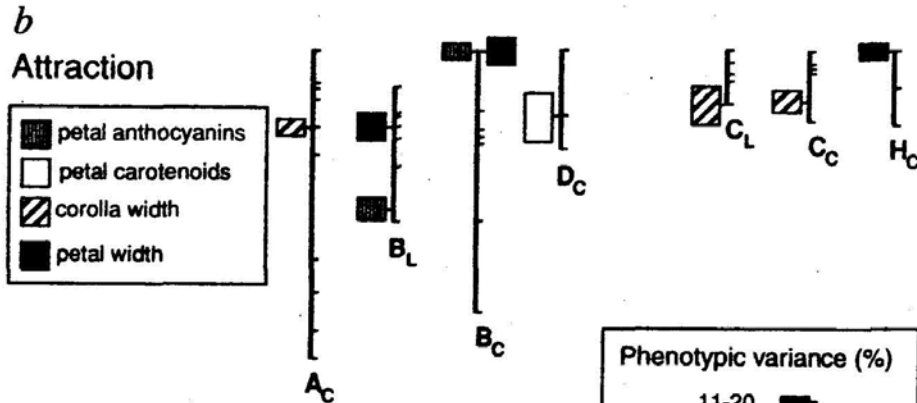
マーカー遺伝子多型の連鎖地図



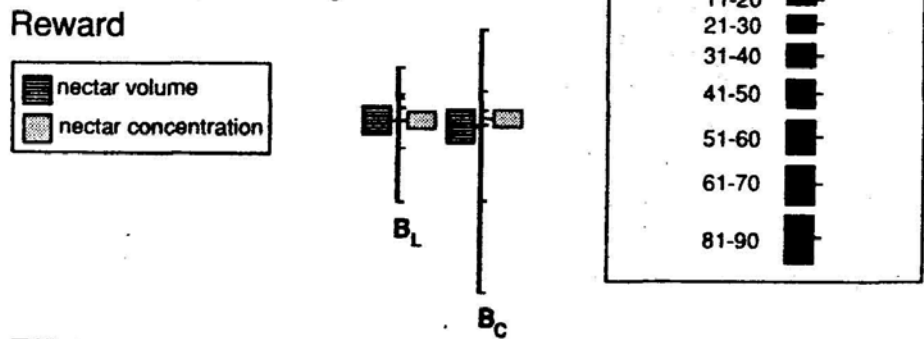
Bradshaw & Schemske: Nature

Mimulusの花形質のQTL

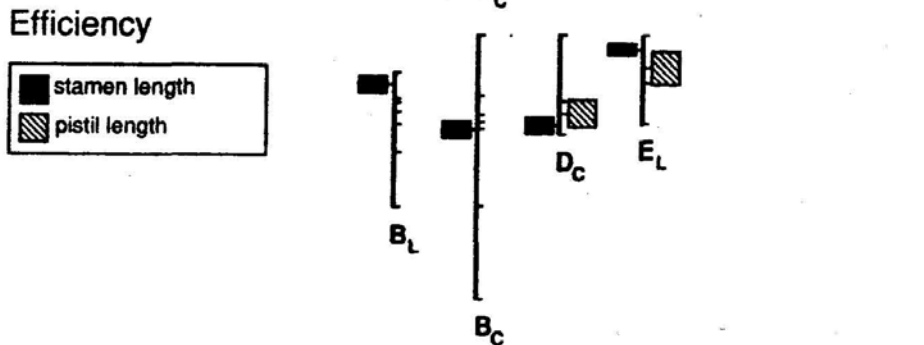
誘引



報酬



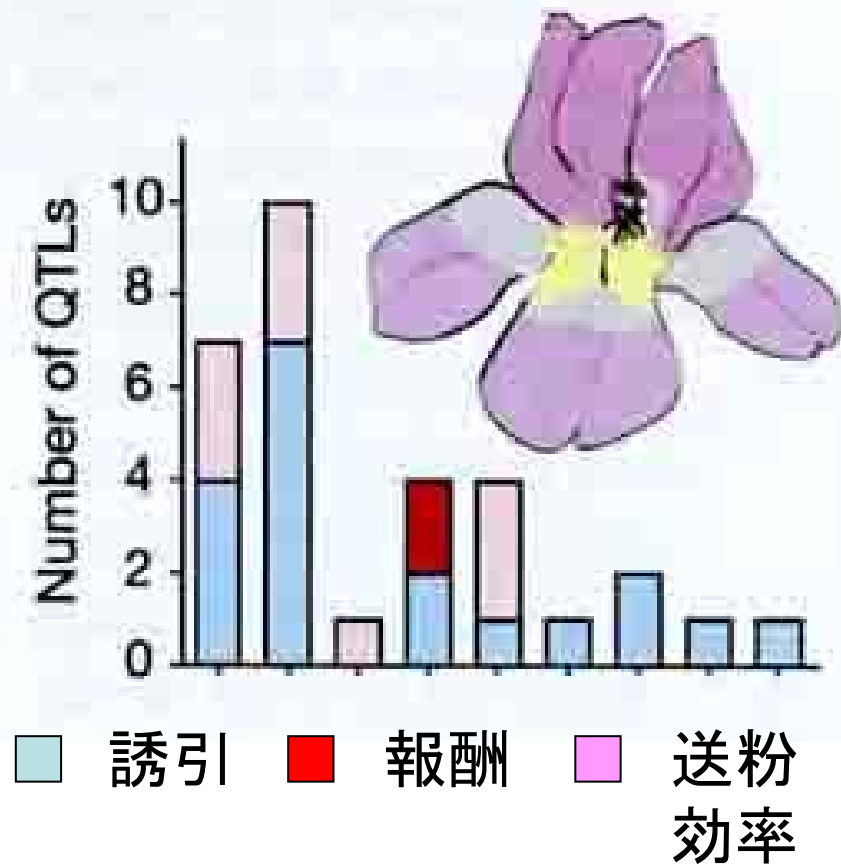
送粉
効率



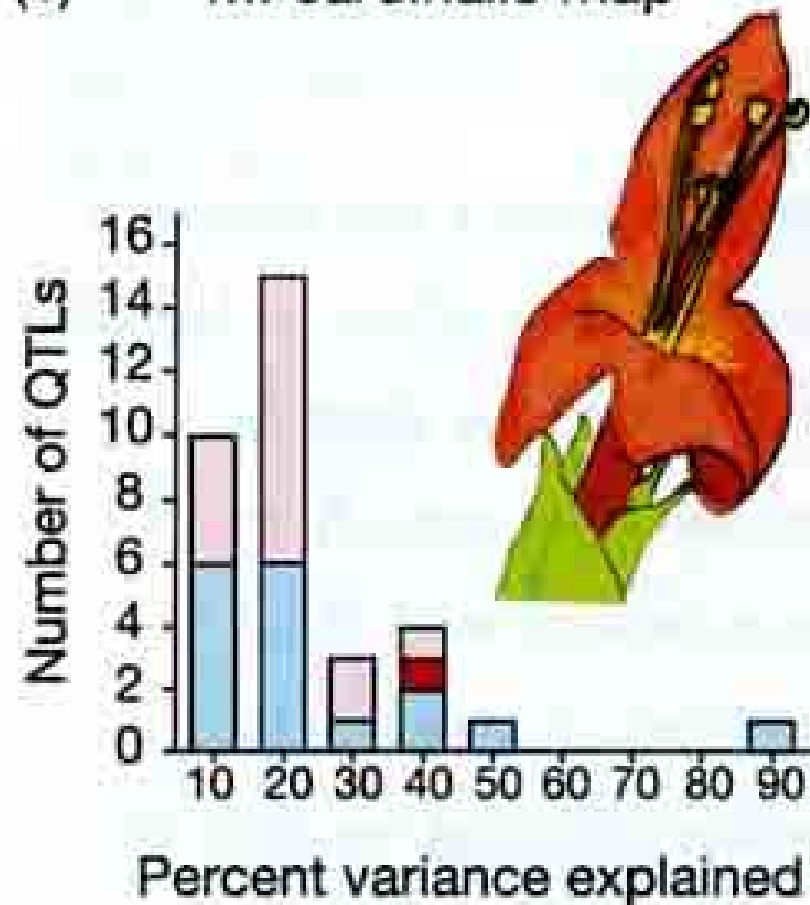
各QTLで説明できる
表現型分散(%)

QTLの表現型効果の分布

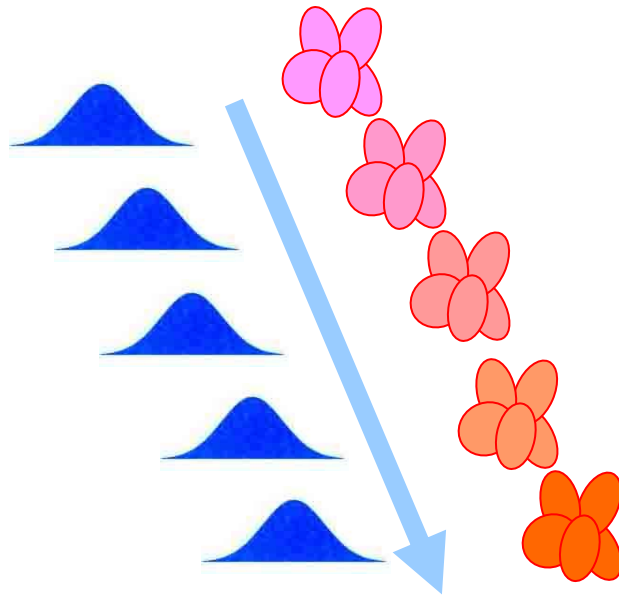
(a) *M. lewisii* map



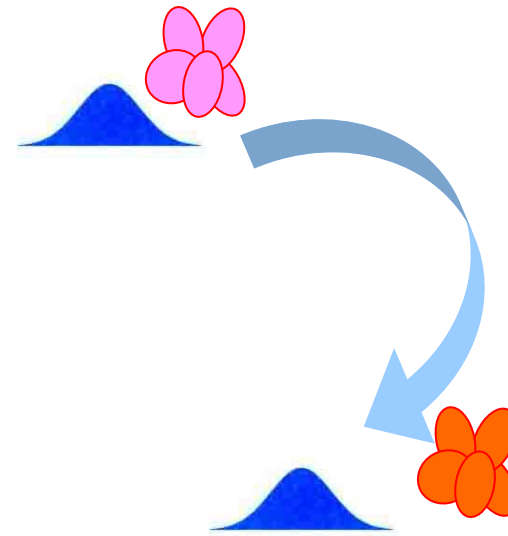
(b) *M. cardinalis* map



表現型進化の2つのパターン



- 微小な変化の累積



- 飛躍的な変化

種間遺伝学の応用

ハマカンゾウ



昼咲き・赤花・匂いなし

アゲハチョウ類に適応

キスゲ(ユウスゲ)



夜咲き・黄花・匂いあり

夜行性の蛾に適応



ハマカンゾウ
1個体由来3株



キスゲ
1個体由来3株

雑種F1世代
(ハマカンゾウ胚珠 × キスゲ花粉)
9個体由来の22株



交配・雑種作成: 安元



雑種F2世代 (F1世代の兄弟交配) 116個体

ハマカンゾウとF1の実験集団



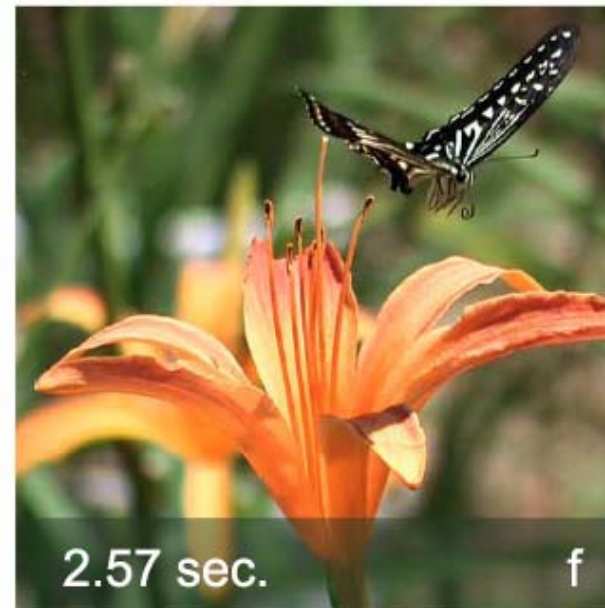
問題：アゲハ類とスズメガ類はどちらの花をどの程度好むか？

ナガサキアゲハ



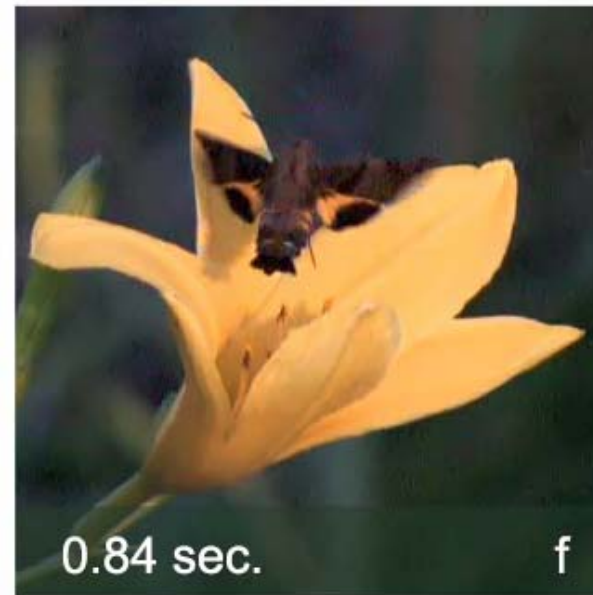
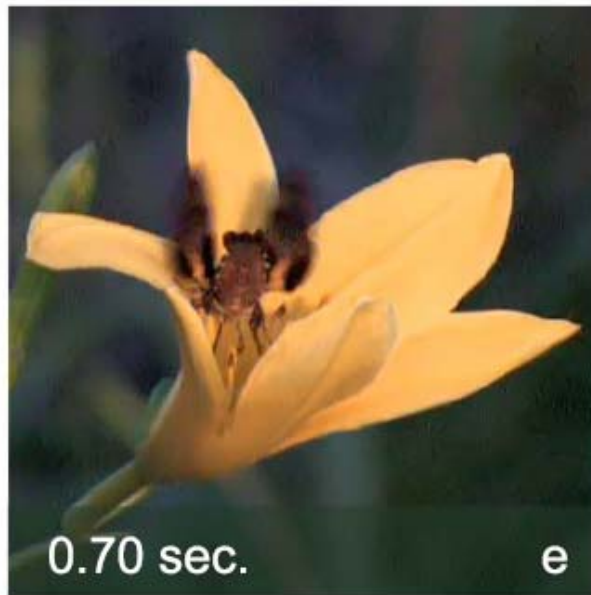
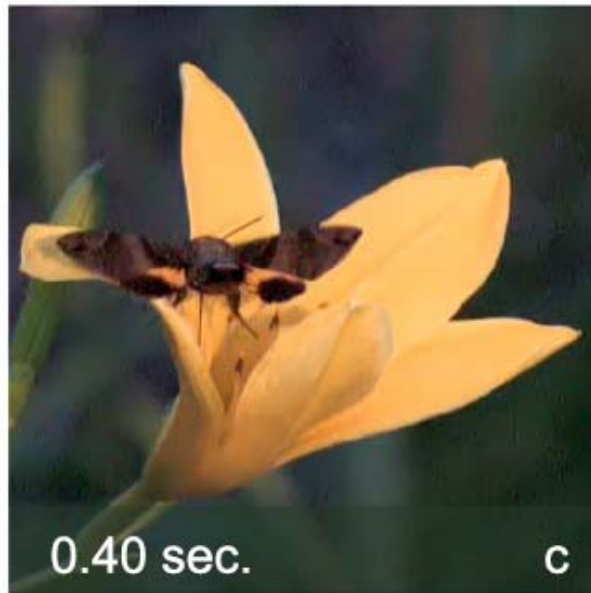
Yahara, Kim, Kato, Hirota, Nitta, Yasumoto, and Kawakubo (unpublished)

ナミアゲハ



Yahara, Kim, Kato, Hirota, Nitta, Yasumoto, and Kawakubo (unpublished)

ホシホウジャク



Yahara, Kim, Kato, Hirota, Nitta, Yasumoto, and Kawakubo (unpublished)

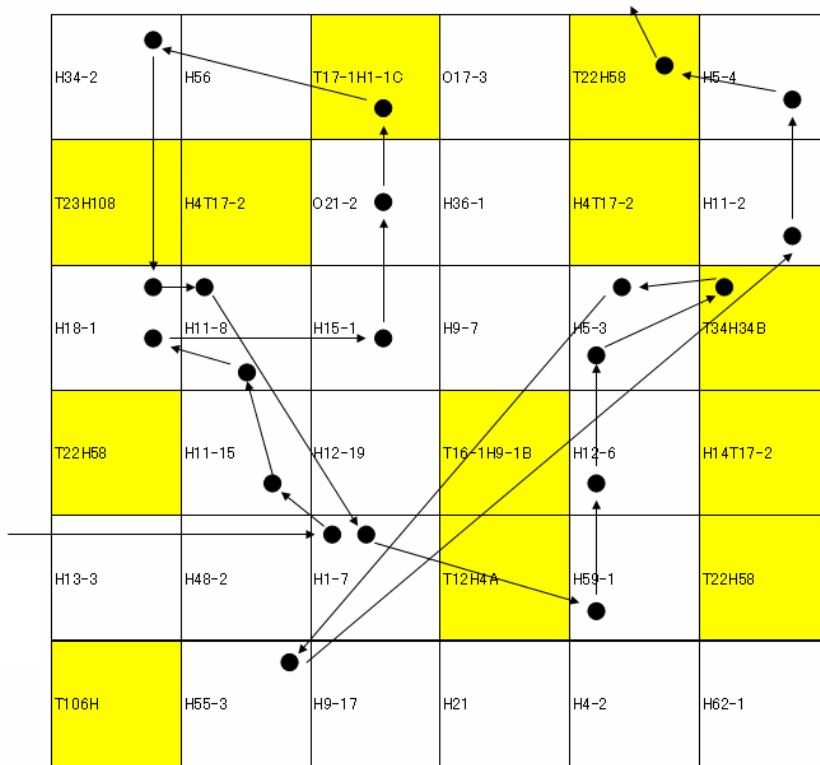
コスズメ



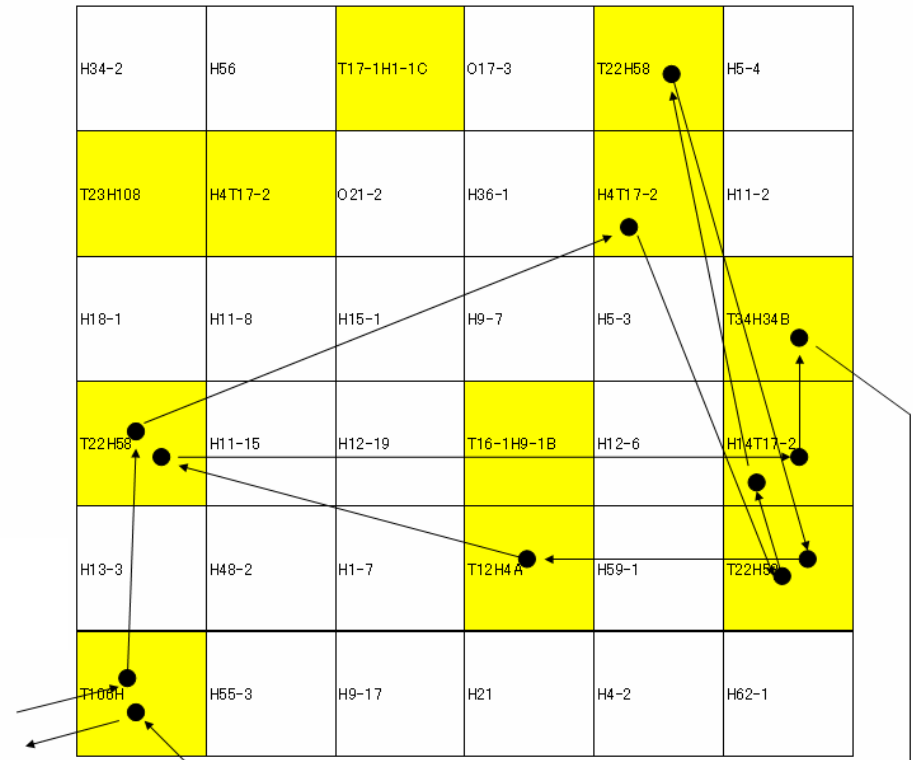
Yahara, Kim, Kato, Hirota, Nitta, Yasumoto, and Kawakubo (unpublished)

ナガサキアゲハ(A) とコスズメ (B)の訪花パターン

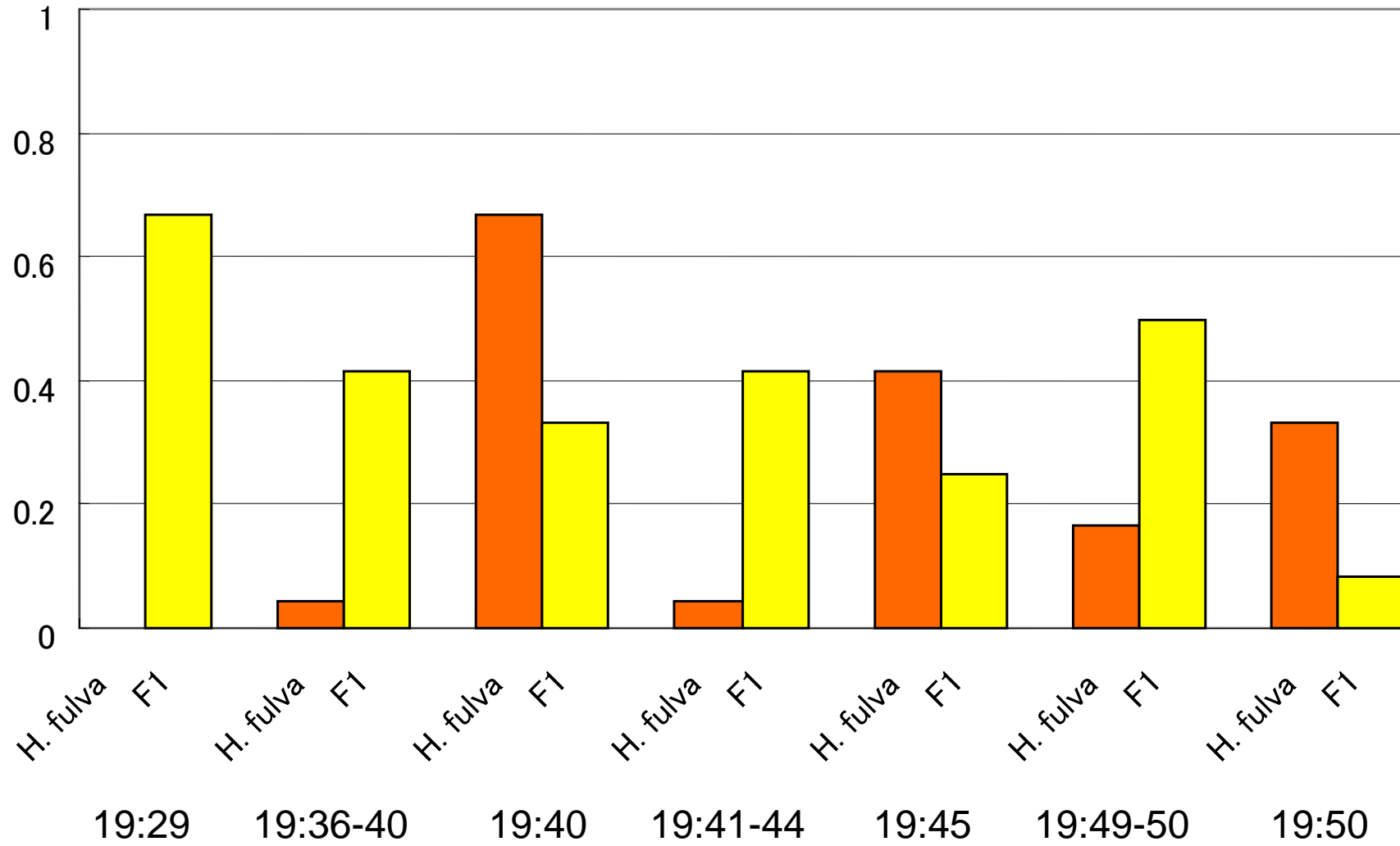
A: 7月27日 17時25分～



B: 7月27日 19時29分～

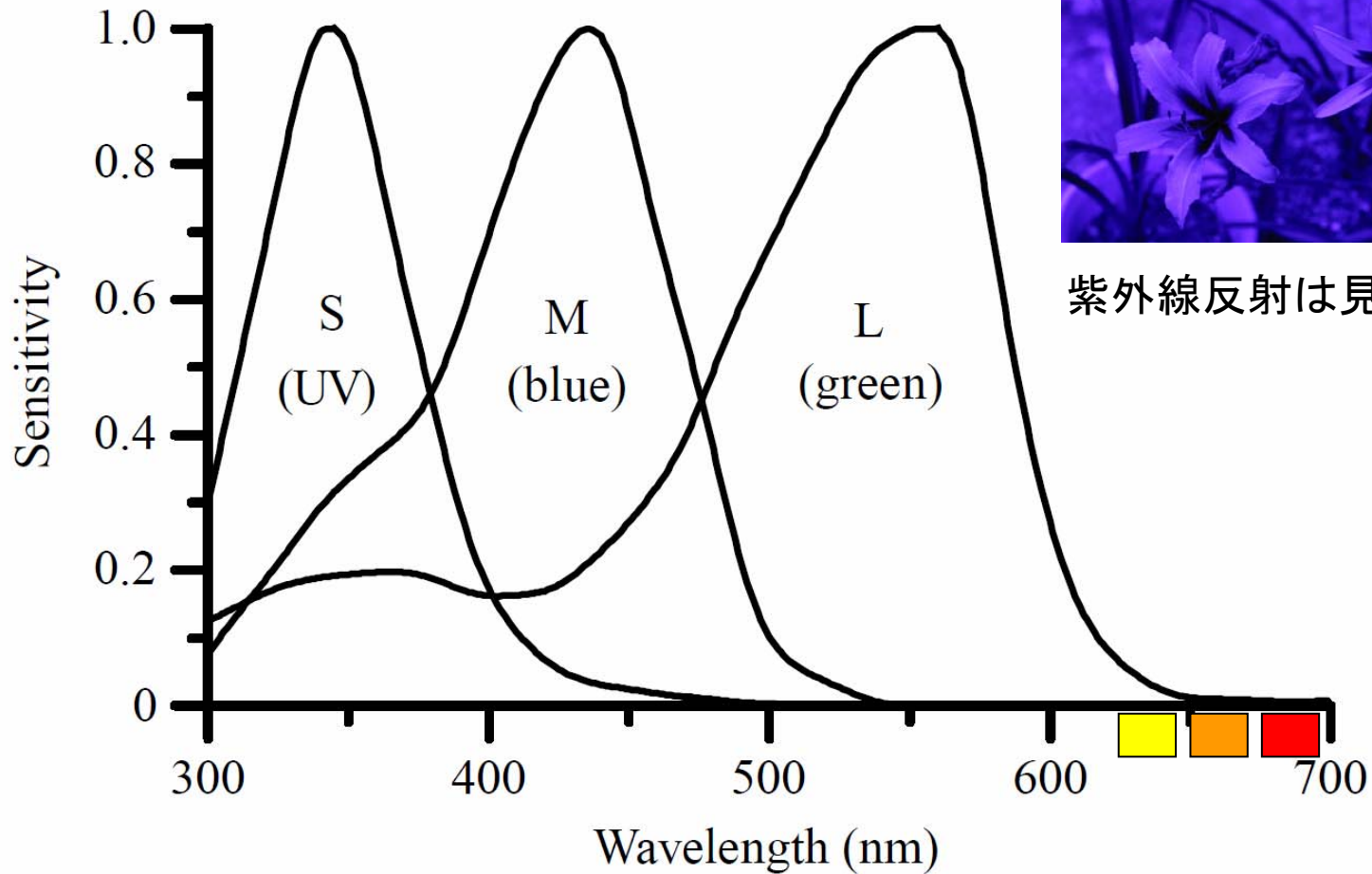


7月27日のデータ



Bee color vision

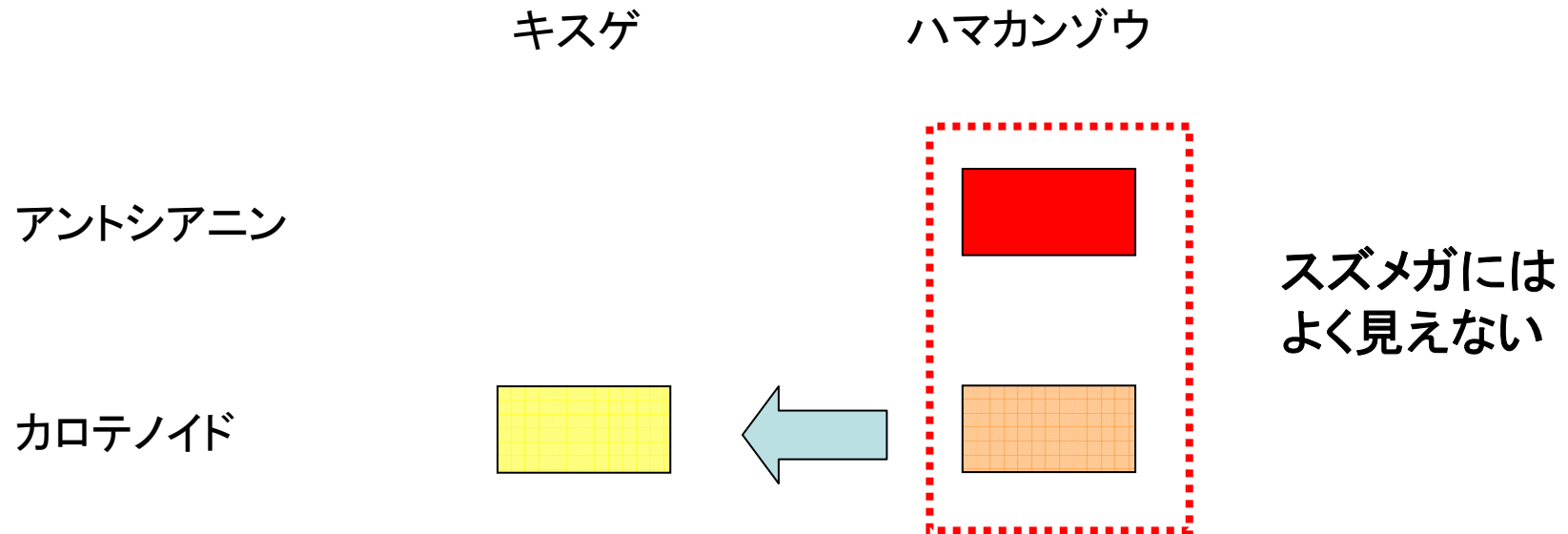
スズメガもほぼこれと同じ



紫外線反射は見えている

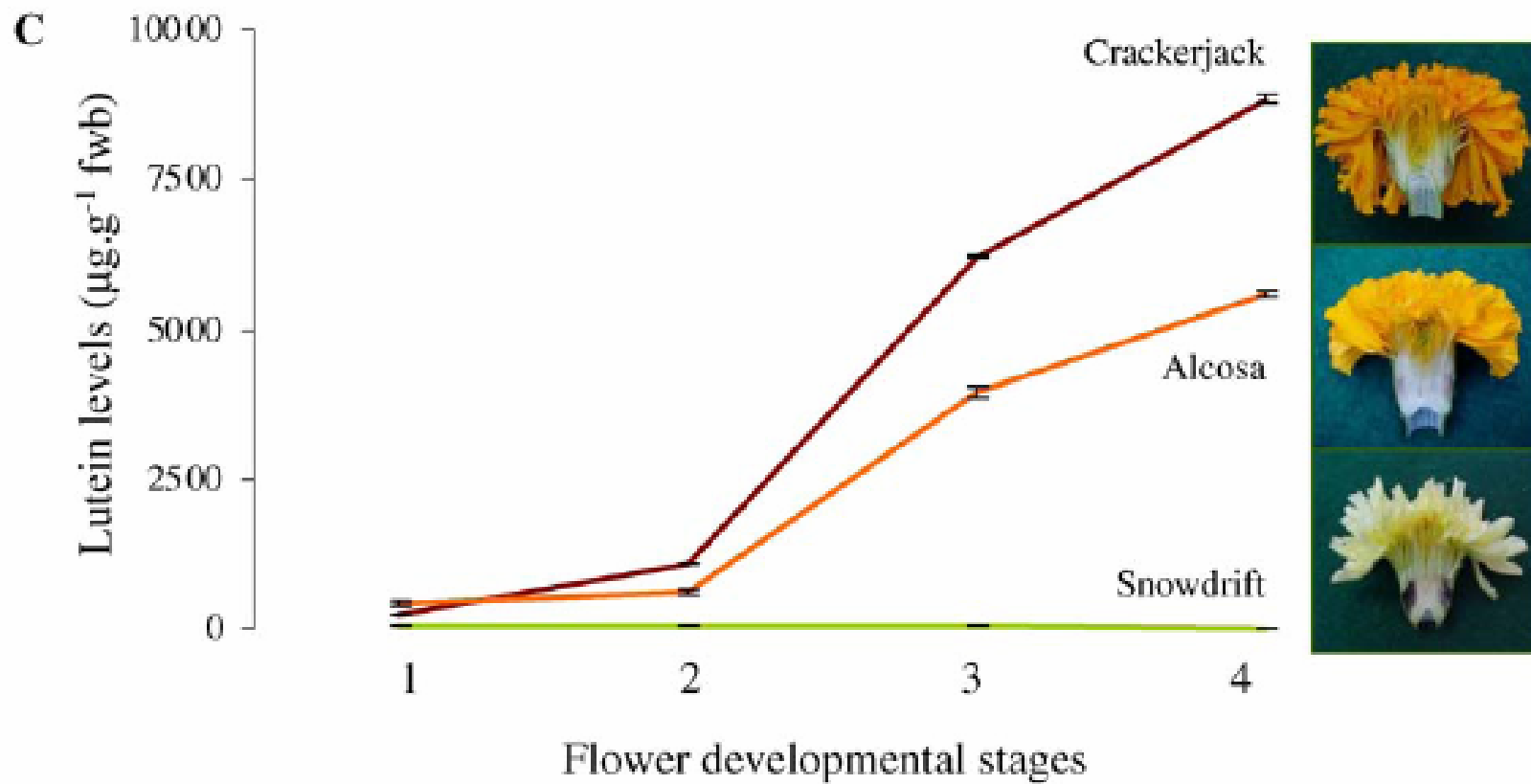
Hempel de Ibarra et al. 2000

キスゲとハマカンゾウの花色の効果



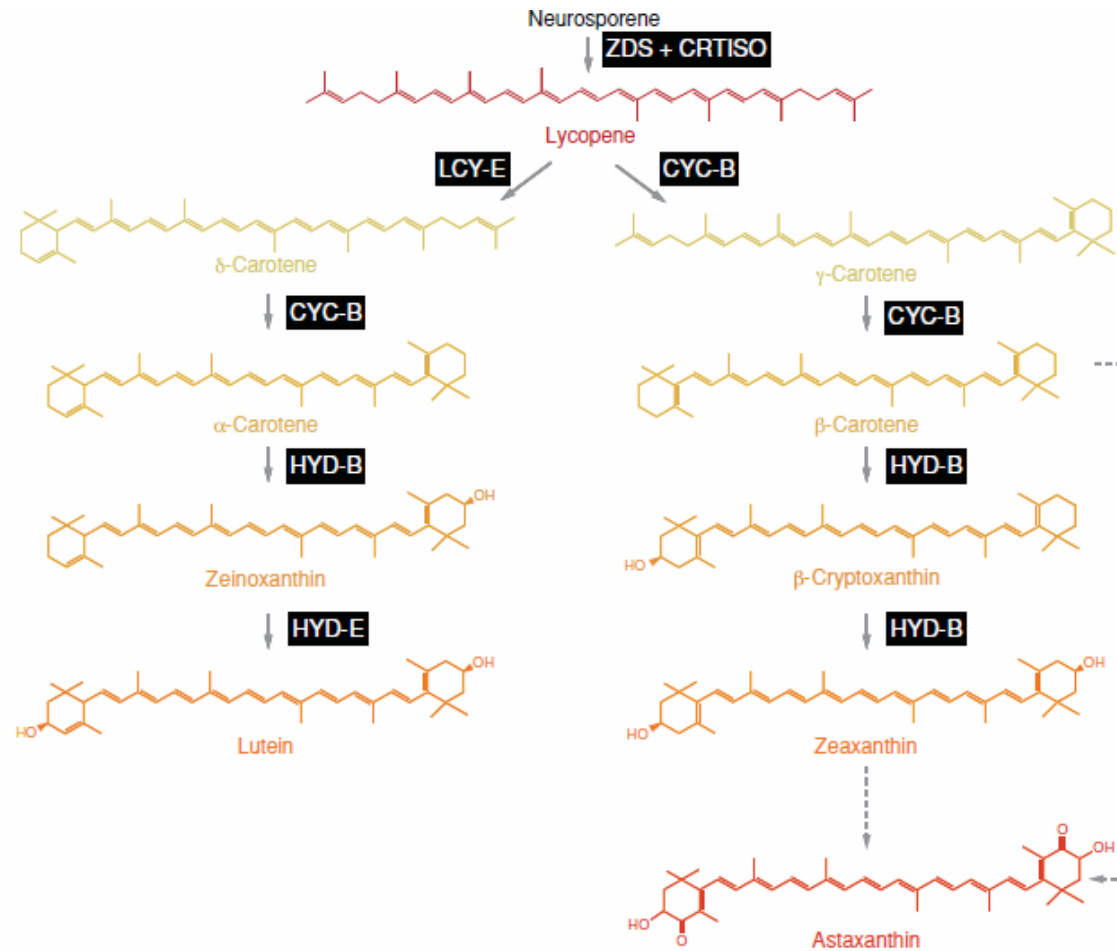
カロテノイドの違いがスズメガの選好性を決めているはず

カロテノイドの量と花色

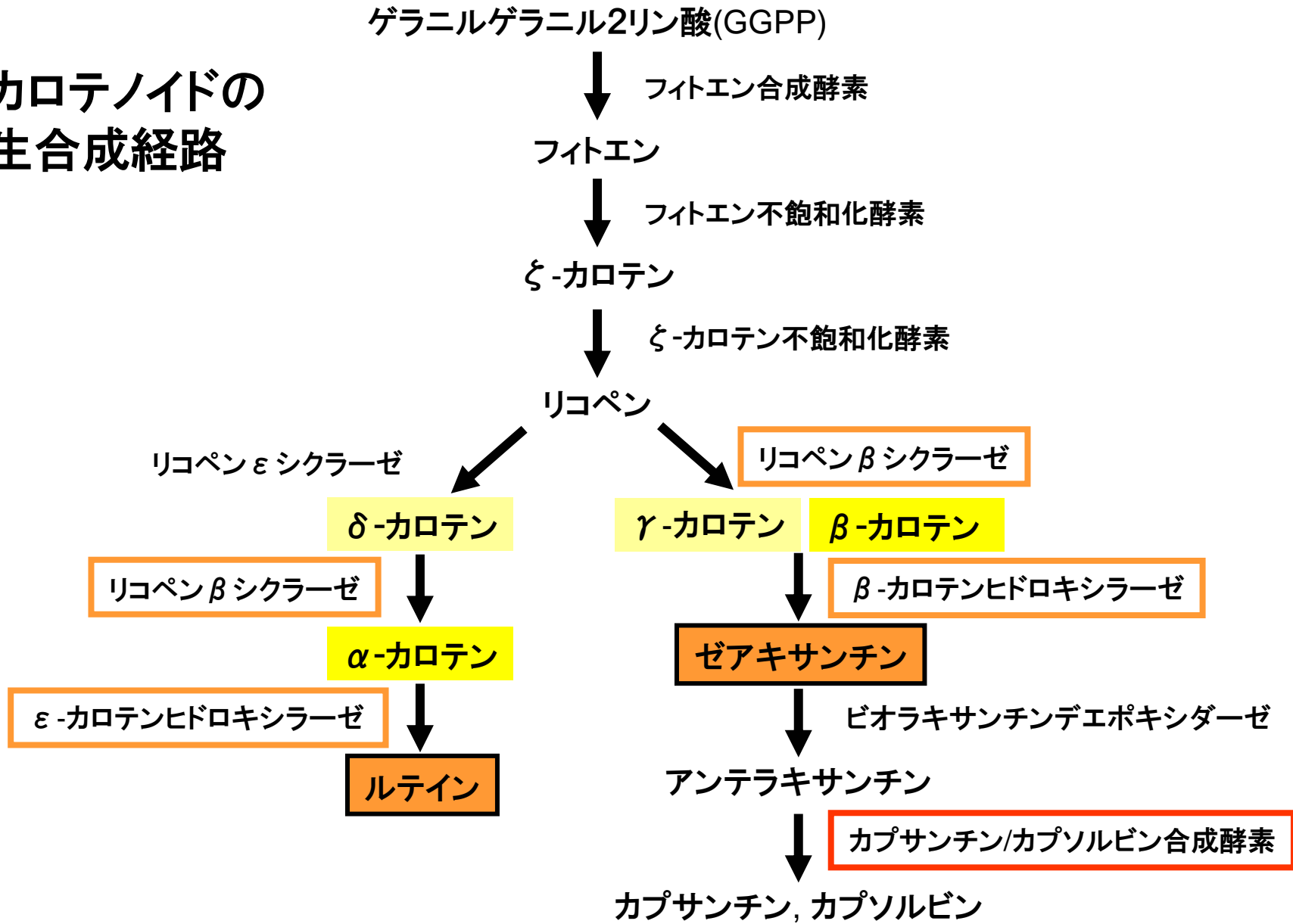


Villar-Martinez et al 2005

カロテノイド合成過程での色の変化



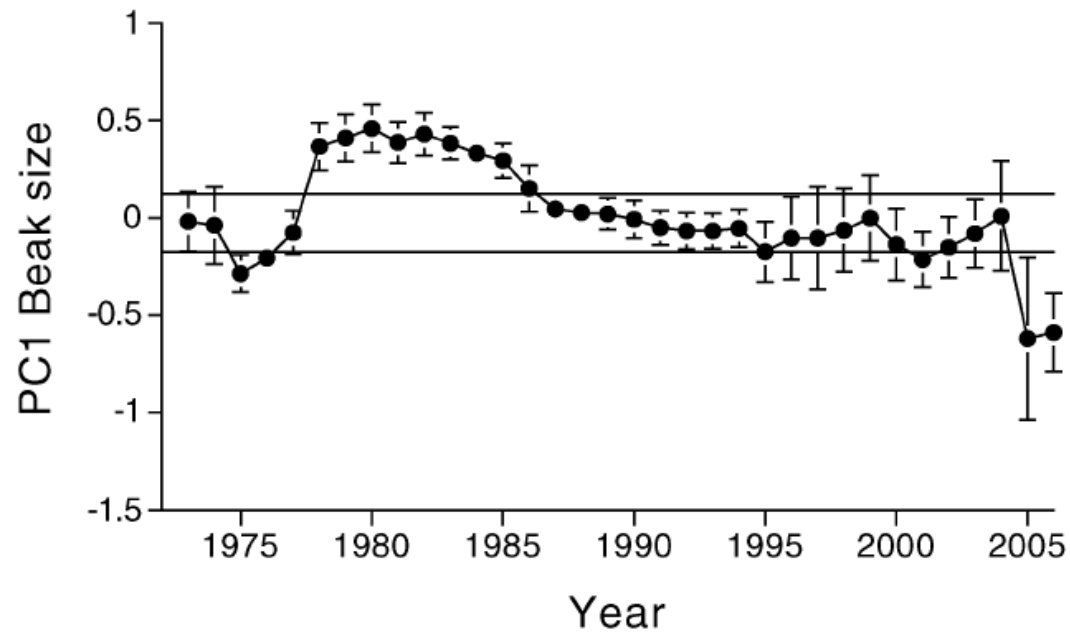
カロテノイドの 生合成経路



まとめ

- 表現型は、効果の大きな主要遺伝子と、効果の小さな量的遺伝子によって支配されている
- 効果の大きな主要遺伝子では、ふつう種内変異がない(ある対立遺伝子が固定している)
 - 環境が変わってもすぐには適応できない
 - 有利な変異があらわれればすぐに固定する
- 効果の小さな量的遺伝子には、集団内で変異があり、自然淘汰にすぐに反応する。
 - 環境変動の下でのすみやかな適応進化を実現する

ダーウィンフィンチにおける自然淘汰



Grant PR, Grant BR (2006) Evolution of character displacement in Darwin's finches. *Science* 313: 224–226.

Question

- なぜ2005年にフィンチの嘴が小さくなったの
だろう？

ダーウィンフィンチにおける自然淘汰

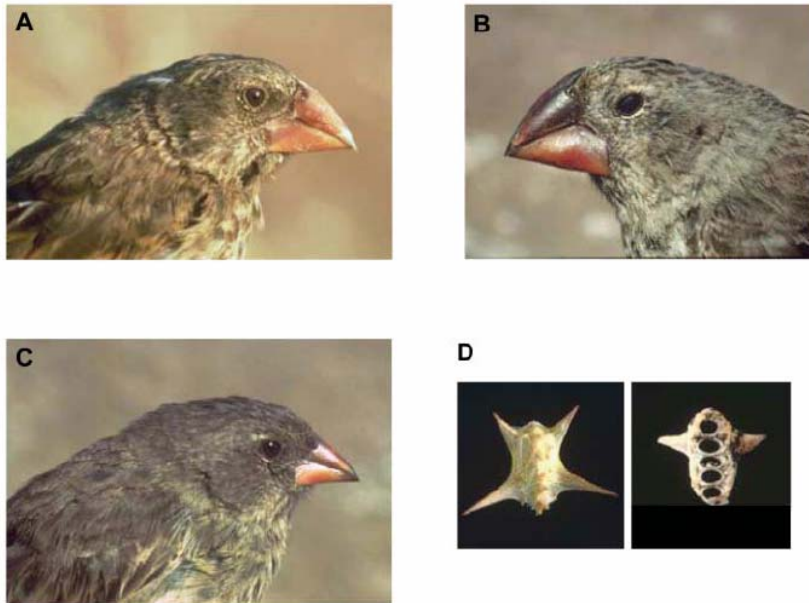


Fig. 1. Large-beaked *G. fortis* (A) and *G. magnirostris* (B) can crack or tear the woody tissues of *T. cistoides* mericarps (D), whereas small-beaked *G. fortis* (C) cannot. Five mericarps constitute a single fruit. In (D), the left-hand mericarp is intact. The right-hand mericarp, viewed from the other (mesial) side, has been exploited by a finch, exposing five locules from which seeds have been extracted. Mericarps are ~8 mm long and are shown at twice the magnification of the finches. [Photos are by the authors]

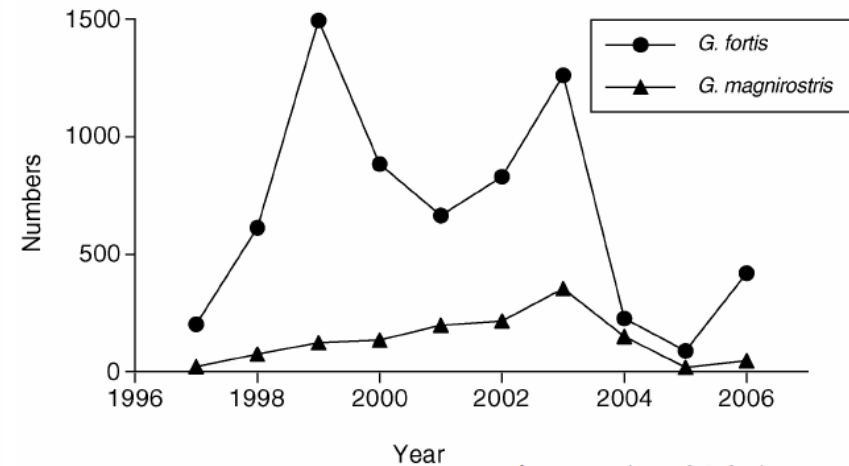


Fig. 3. Numbers of *G. fortis* and *G. magnirostris*. Breeding was extensive in 1997–1998 and 2002, and as a result finch numbers were elevated in the following years. There was no breeding in 2003 and 2004. Numbers before 1997 have been omitted because *G. magnirostris* were scarce (≤ 13 pairs) (25).

Grant PR, Grant BR (2006) Evolution of character displacement in Darwin's finches. *Science* 313: 224–226.